

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2002-361002

(P2002-361002A)

(43) 公開日 平成14年12月17日 (2002. 12. 17)

(51) Int.Cl.⁷
B 0 1 D 11/04

識別記号

F I
B 0 1 D 11/04

テマコード (参考)

C 2 G 0 4 2

D 2 G 0 5 2

F 4 D 0 5 6

C

G 0 1 N 1/10
27/62
31/20

G 0 1 N 1/10
27/62
31/20

審査請求 未請求 請求項の数23 OL (全 13 頁)

(21) 出願番号 特願2001-168047(P2001-168047)

(22) 出願日 平成13年6月4日 (2001. 6. 4)

(71) 出願人 000006079

ミノルタ株式会社

大阪府大阪市中央区安土町二丁目3番13号

大阪国際ビル

(72) 発明者 山東 康博

大阪府大阪市中央区安土町二丁目3番13号

大阪国際ビル ミノルタ株式会社内

(72) 発明者 藤井 泰久

大阪府大阪市中央区安土町二丁目3番13号

大阪国際ビル ミノルタ株式会社内

(74) 代理人 100062144

弁理士 青山 葆 (外2名)

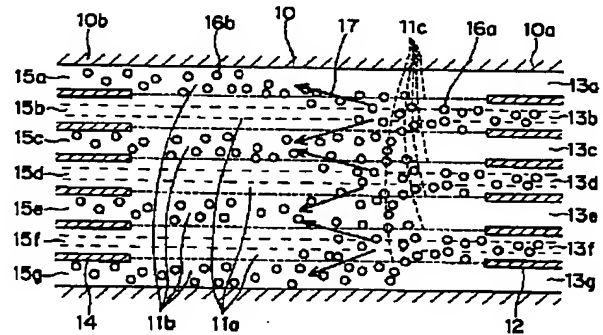
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 抽出方法および装置、分離方法および装置

(57) 【要約】

【課題】 微小領域内において、第1の液体中に含まれる物質を、効率良く第2の液体中に取り込む、抽出方法、抽出装置および抽出装置用チップを提供する。

【解決手段】 流路10内に、第1の液体と第2の液体とを、それぞれ1又は2以上の層流状態で交互に接するように送液して、第1の液体の第1の層流11a中の物質16aを、第2の液体の第2の層流11b中に移動させる第1ステップと、流路の下流側において、第2の液体を第1の液体から分離する第2ステップと、を備える。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 第1の液体中に含まれる物質を、第2の液体に溶かして抽出する抽出方法において、
 流路内に、上記第1の液体と上記第2の液体とを、それぞれ1又は2以上の層流状態で交互に接するように送液して、上記第1の液体の第1の層流中の上記物質を、上記第2の液体の第2の層流中に移動させる第1ステップと、

上記流路の下流側において、上記第2の液体を上記第1の液体から分離する第2ステップと、を備えたことを特徴とする、抽出方法。

【請求項2】 上記第1ステップにおいて、上記層流の一つの幅が $50\mu\text{m}$ 以下であることを特徴とする、請求項1記載の抽出方法。

【請求項3】 上記第2ステップは、
 上記流路の下流側において、上記第1の層流を第1分岐流路に流し、上記第2の層流を第2分岐流路に流す、流路分岐ステップを含むことを特徴とする、請求項1記載の抽出方法。

【請求項4】 上記第2ステップは、
 上記第1分岐流路又は上記第2分岐流路のいずれか一方の入口近傍を帯電させる、帯電ステップを含むことを特徴とする、請求項3記載の抽出方法。

【請求項5】 混合された第1の液体と第2の液体とから、第2の液体を分離する分離方法において、
 微小な構造物が配置されいづれか一方の上記第1の液体又は上記第2の液体が相対的に流れやすい第1空間と該第1空間に沿って延在しかつ該第1空間に連通する第2空間とを有する流路に、混合された上記第1の液体と上記第2の液体を流す第1ステップと、

上記第2の液体が流れるいづれか一方の上記第1空間又は上記第2空間の下流側において、上記第2の液体を回収する第2ステップと、を備えたことを特徴とする、分離方法。

【請求項6】 上記構造物は、上記第1空間側から上記第2空間側に向けて延在する柱状構造物であることを特徴とする、請求項5記載の分離方法。

【請求項7】 上記第1の液体と上記第2の液体のいずれか一方は水を含み、上記構造物は排水処理されたことを特徴とする、請求項5又は6記載の分離方法。

【請求項8】 第1の液体中に含まれる物質を、第2の液体に溶かして抽出する抽出装置であって、
 上記第1の液体と上記第2の液体とが、それぞれ1又は2以上の層流状態で交互に接しながら流れ、上記第1の液体の第1の層流中の上記物質が上記第2の液体の第2の層流中に移動する、流路と、
 該流路の下流側に接続され、上記第2の液体を上記第1の液体から分離する分離部とを備えたことを特徴とする、抽出装置。

【請求項9】 上記流路において、上記層流の一つの幅

が $50\mu\text{m}$ 以下であることを特徴とする、請求項8記載の抽出装置。

【請求項10】 上記分離部は、
 上記第1の層流が流れる第1分岐流路と、上記第2の層流が流れる第2分岐流路を含むことを特徴とする、請求項8記載の抽出装置。

【請求項11】 上記第1分岐流路又は上記第2分岐流路のいずれか一方の入口近傍を帯電させる帯電部を備えたことを特徴とする、請求項10記載の抽出装置。

【請求項12】 混合された第1の液体と第2の液体とから、第2の液体を分離する分離装置において、
 微小な構造物が配置され、いづれか一方の上記第1の液体又は上記第2の液体が相対的に流れやすい第1空間と、該第1空間に沿って延在しかつ該第1空間に連通する第2空間とを有する流路と、

上記第2の液体が流れるいづれか一方の上記第1空間又は上記第2空間の下流側に接続され、上記第2の液体が流れる排出口とを備えたことを特徴とする、分離装置。

【請求項13】 上記構造物は、上記第1空間側から上記第2空間側に向けて延在する柱状構造物であることを特徴とする、請求項12記載の分離装置。

【請求項14】 上記第1の液体と上記第2の液体のいずれか一方は水を含み、上記構造物は排水処理されたことを特徴とする、請求項12又は13記載の分離装置。

【請求項15】 第1の液体中に含まれる物質を第2の液体に溶かして抽出する抽出装置に用いるチップであって、

上記第1の液体と上記第2の液体とを、それぞれ1又は2以上の層流状態で交互に接するように送液して、上記第1の液体の第1の層流中の上記物質を、上記第2の液体の第2の層流中に移動させることができる、流路を備えたことを特徴とする、抽出装置用チップ。

【請求項16】 上記流路において、上記層流の一つの幅が $50\mu\text{m}$ 以下であることを特徴とする、請求項15記載の抽出装置用チップ。

【請求項17】 上記流路の下流側に接続され、上記第1の層流が流れる第1分岐流路と、
 上記流路の下流側に接続され、上記第2の層流が流れる第2分岐流路と、を備えたことを特徴とする、請求項16記載の抽出装置用チップ。

【請求項18】 上記第1分岐流路又は上記第2分岐流路のいずれか一方の入口近傍を帯電させる帯電部を備えたことを特徴とする、請求項17記載の抽出装置用チップ。

【請求項19】 混合された第1の液体と第2の液体とから、第2の液体を分離する分離装置に用いるチップであって、
 微小な構造物が配置され、いづれか一方の上記第1の液体又は上記第2の液体が相対的に流れやすい第1空間と、該第1空間に沿って延在しかつ該第1空間に連通す

る第2空間とを有する流路と、

上記第2の液体が流れるいずれか一方の上記第1空間又は上記第2空間の下流側に接続され、上記第2の液体が流れる排出口とを備えたことを特徴とする、分離装置用チップ。

【請求項20】 上記構造物は、上記第1空間側から上記第2空間側に向けて延在する柱状構造物であることを特徴とする、請求項19記載の分離装置用チップ。

【請求項21】 上記第1の液体と上記第2の液体のいずれか一方は水を含み、上記構造物は排水処理されたことを特徴とする、請求項19又は20記載の分離装置用チップ。

【請求項22】 第1の液体中に含まれる物質を、第2の液体に溶かして抽出する抽出方法において、層状の上記第1の液体と層状の上記第2の液体とが互いに接するようにして、上記第1の液体の第1の層流中の上記物質を、上記第2の液体の第2の層流中に移動させることを特徴とする抽出方法。

【請求項23】 第1の液体中に含まれる物質を、第2の液体に溶かして抽出する抽出装置において、上記第1の液体が層状に配置される第1液体空間と、上記第2の液体が層状に配置される第2液体空間とが、層方向に互いに接するように配置されたことを特徴とする抽出装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、抽出方法および装置、分離方法および装置に関し、液体中に溶けている対象物を選択的に抽出する技術に関する。

【0002】

【従来の技術】 ゴミの焼却炉等により発生するダイオキシン類は、大きな環境問題と認識されており、その排出濃度の測定・管理は重要な課題である。現在、排ガス中のダイオキシン類の濃度を測定する方法として、日本工業規格に規定されている。

【0003】 ダイオキシン類の測定を行う場合、水中に含まれるダイオキシンを抽出するには、従来の溶媒抽出法と同様に、水と有機溶媒を分液漏斗などに入れ激しく振り混ぜ、水中のダイオキシンを有機溶媒中に取り込み、有機溶媒だけを取り出すことで水と分離するという方法がとられていた。

【0004】 しかし、この方法では、溶媒が多量に必要となり、時間がかかり、コストが多大なものになる。

【0005】 最近、マイクロマシン技術を応用して、化学分析や合成などの機器・手法を微細化して行う μ -TAS(μ -Total Analysis System)が注目されている。従来の装置に比べ微細化された μ -TASでは、試料の量が少ない、反応時間が短い、廃棄物が少ないなどのメリットがある。これを環境測定分野などに適応した場合、試薬・有機溶媒の使用量が少

ない、反応時間(測定時間)が短いといった利点の他に、装置が小型であるため現場で測定ができ、検査の即時性が向上することが期待できる。

【0006】 しかし、従来、マイクロマシン技術を応用したマイクロ流体システムを用いて溶媒抽出を行う技術は、見当たらない。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】 例えば幅が数十〜数百 μ mの微小な流路内では、液体の粘性が支配的となり、液体を攪拌混合するのが困難になる。そのため、水中に含まれるダイオキシンを有機溶媒中に取り込むために、流路内で水と有機溶媒を攪拌したのでは、効率が悪い。

【0008】 また、微小領域内にある微量の混合状態の水と有機溶媒とから有機溶媒だけを取り出し、水と分離することが望まれる。

【0009】 したがって、本発明が解決しようとする第1の技術的課題は、微小領域内において、第1の液体中に含まれる物質を、効率良く第2の液体中に取り込む、抽出方法、抽出装置および抽出装置用チップを提供することである。

【0010】 また、本発明が解決しようとする第2の技術的課題は、微小領域内にある混合状態の第1の液体と第2の液体とから第2の液体を分離する、分離方法、分離装置および分離装置用チップを提案する。

【0011】

【課題を解決するための手段および作用・効果】 本発明は、上記第1の技術的課題を解決するために、層状の第1の液体と層状の第2の液体とが互いに接するようにして、第1の液体の第1の層流中の物質を、第2の液体の第2の層流中に移動させることを基本的な特徴とする抽出方法を提供する。具体的には、以下の抽出方法を提供する。

【0012】 抽出方法は、第1の液体中に含まれる物質を、第2の液体に溶かして抽出するタイプのものである。抽出方法は、第1ステップと第2ステップを備える。上記第1ステップでは、流路内に、上記第1の液体と上記第2の液体とを、それぞれ1又は2以上の層流状態で交互に接するように送液して、上記第1の液体の第1の層流中の上記物質を、上記第2の液体の第2の層流中に移動させる。上記第2ステップでは、上記流路の下流側において、上記第2の液体を上記第1の液体から分離する。

【0013】 第1ステップにおいて、第1の流体と第2の流体は、流路内に微小な幅で流すことにより、層流状態とすることができる。第1の層流や第2の層流が2以上の場合には、第1の層流と第2の層流とが交互に配置し、互いに接するようにすることができる。

【0014】 一般に、液体中の物質は、自発的に拡散する。すなわち、媒質(液体)の分子は、媒質中の小物体(物質の粒子)に頻りに衝突し、小物体は媒質中を不規

則に運動する。このブラウン運動により、小物体は媒質中で拡散する。微小領域では、液体の比界面積が大きくなり（すなわち、体積に比べて表面積が大きくなり）、拡散速度が急激に大きくなる。そのため、第1の層流中の物質の粒子は、短時間で第2の層流に移動する。つまり、第2の液体に溶ける。この場合、物質の粒子が第2の層流から再び第1の層流に戻りにくいことが好ましく、例えば、物質は、第1の液体よりも第2の液体に溶けやすいことが好ましい。物質がダイオキシン類であるとき、第1の流体は水、第2の流体は有機溶媒とすることができる。また、効率よく拡散するためには、第1の層流と第2の層流との流速とが等しく、相対的な速度差が生じないようにすることが好ましい。

【0015】上記方法によれば、流路における層流の流れと粒子の拡散現象を用いることで、微小領域内において、第1の液体中に含まれる物質を、効率良く第2の液体中に取り込むことができる。

【0016】第1ステップにおいて、連続的に送液しても、途中で停止するようにしてもよい。

【0017】第2ステップにおいて、第2の液体だけを集めれば、第1の液体中に含まれていた物質を抽出することができる。

【0018】好ましくは、上記第1ステップにおいて、上記層流の一つの幅が $50\mu\text{m}$ 以下である。

【0019】幅が $50\mu\text{m}$ 以下であれば、レイノルズ数が小さくなり、流路内を層流状態で送液することが容易である。

【0020】第2ステップは、以下のように種々の態様で、第2の液体だけを集めることができる。

【0021】好ましくは、上記第2ステップは、流路分岐ステップを含む。該流路分岐ステップでは、上記流路の下流側において、上記第1の層流を第1分岐流路に流し、上記第2の層流を第2分岐流路に流す。

【0022】この場合、層流状態のまま、液体ごとに流路を分岐することにより、容易に、第2の液体を第1の液体から分離することができる。

【0023】好ましくは、上記第2ステップは、帯電ステップを含む。該帯電ステップでは、上記第1分岐流路又は上記第2分岐流路のいずれか一方の入口近傍を帯電させる。

【0024】帯電ステップにより、第1の液体又は第2の液体の一方が極性を有し、他方が無極性である場合には、極性を有する一方の液体が、帯電した第1分岐流路又は第2分岐流路に入るように促進し、より効率良く、液体を分離することができる。例えば、石油エーテル、四塩化炭素、ベンゼン、キシレン、ニトロベンゼン、ヨウ素などの無極性分子と、極性を有する水とを分離できる。なお、3液以上の混合液であっても、1液のみが極性を有する場合、又は1液のみが無極性である場合には、その1液を他の液から分離することができる。

【0025】また、本発明は、上記第2の技術的課題を解決するために、以下の分離方法を提供する。

【0026】分離方法は、混合された第1の液体と第2の液体とから、第2の液体を分離するタイプのものである。分離方法は、第1ステップと第2ステップとを備える。上記第1ステップにおいて、流路に、混合された上記第1の液体と上記第2の液体を流す。上記流路は、第1空間と第2空間とからなる。上記第1空間は、微小な構造物が配置され、いずれか一方の上記第1の液体又は上記第2の液体が相対的に流れやすい。上記第2空間は、上記第1空間に沿って延在しかつ上記第1空間に連通する。上記第2ステップでは、上記第2の液体が流れるいずれか一方の上記第1空間又は上記第2空間の下流側において、上記第2の液体を回収する。

【0027】上記方法によれば、混合された第1および第2の液体を流路に流すと、第1の液体と第2の液体とのうち、第1空間を相対的に流れやすい一方が第1空間を流れ、他方は第2空間を流れるようになる。例えば、構造物に親水処理を施したり、適宜な官能基を配置することにより、第1の液体又は第2の液体のいずれか一方が第1空間を相対的に流れやすいようにすることができる。第1の液体と第2の液体とは互いに分離し、第2の液体は第1空間又は第2空間のいずれか一方を流れるので、下流において、第2の液体を回収することができる。

【0028】したがって、微小領域内にある混合状態の第1の液体と第2の液体とから第2の液体を分離することができる。

【0029】上記方法において、微小な構造物は適宜に構成することにより、第1の液体と第2の液体のいずれか一方が、分離流路の第1空間を相対的に流れやすくすることができる。例えば、微小な構造物は、多数の要素を含み、隣接する要素間の距離（隙間）が $10\mu\text{m}$ 以下のものである。微小な構造物は、例えば、四方八方に微小孔が開いた多孔質物質であっても、繊維塊のようなものであってもよい。

【0030】好ましくは、上記構造物は、上記第1空間側から上記第2空間側に向けて延在する柱状構造物である。

【0031】第1の液体と第2の液体のうち、第1空間を相対的に流れにくい流体は、微小な構造物の延在方向に沿って、第2空間に向けて容易に移動することができる。したがって、液体の分離効率を高めることができる。

【0032】より好ましくは、上記第1の液体と上記第2の液体のいずれか一方は水を含む。上記構造物は、攪水処理される。

【0033】この場合、水を含む第1又は第2の液体は、攪水処理された微小な構造物にはじかれて、第2空間側に移動するので、液体の分離効率を高めることがで

きる。なお、3液以上の混合液であっても、1液のみが水と親和性を有する場合、その1液を他の液から分離することができる。

【0034】また、本発明は、上記第1の技術的課題を解決するために、第1の液体が層状に配置される第1液体空間と、第2の液体が層状に配置される第2液体空間とが、層方向に互いに接するように配置されたことを基本的特徴とする抽出装置を提供する。具体的には、以下のように構成する。

【0035】抽出装置は、第1の液体中に含まれる物質を、第2の液体に溶かして抽出するタイプのものである。抽出装置は、流路と分離部とを備える。上記流路は、上記第1の液体と上記第2の液体とが、それぞれ1又は2以上の層流状態で交互に接しながら流れ、上記第1の液体の第1の層流中の上記物質が上記第2の液体の第2の層流中に移動する。上記分離部は、上記流路の下流側に接続され、上記第2の液体を上記第1の液体から分離する。

【0036】上記構成によれば、流路内において、第1の流体と第2の流体を微小な幅で流すことにより、層流状態とすることができる。第1の層流や第2の層流が2以上の場合には、第1の層流と第2の層流とが交互に配置され互いに接するようにすることができる。

【0037】一般に、液体中の物質は、自発的に拡散する。すなわち、媒質（液体）の分子は、媒質中の小物体（物質の粒子）に頻りに衝突し、小物体は媒質中を不規則に運動する。このブラウン運動により、小物体は媒質中で拡散する。微小領域では、液体の比界面積が大きくなり（すなわち、体積に比べて表面積が広くなり）、拡散速度が急激に大きくなる。そのため、第1の層流中の物質の粒子は、短時間で第2の層流に移動する。つまり、第2の液体に溶ける。この場合、物質の粒子が第2の層流から再び第1の層流に戻りにくいことが好ましく、例えば、物質は、第1の液体よりも第2の液体に溶けやすいことが好ましい。物質がダイオキシン類であるとき、第1の流体は水、第2の流体は有機溶媒とすることができる。また、効率よく拡散するためには、第1の層流と第2の層流との流速とが等しく、相対的な速度差が生じないようにすることが好ましい。

【0038】上記構成によれば、流路における層流の流れと粒子の拡散現象を用いることで、微小領域内において、第1の液体中に含まれる物質を、効率良く第2の液体中に取り込むことができる。

【0039】分離部において、第2の液体だけを集めれば、第1の液体中に含まれていた物質を抽出することができる。

【0040】好ましくは、上記流路において、上記層流の一つの幅が $50\mu\text{m}$ 以下である。

【0041】幅が $50\mu\text{m}$ 以下であれば、レイノルズ数が小さくなり、流路内を層流状態で送液することが容易

である。

【0042】分離部は、以下のように種々の態様で、第2の液体だけを集めることができる。

【0043】好ましくは、上記分離部は、上記第1の層流が流れる第1分岐流路と、上記第2の層流が流れる第2分岐流路を含む。

【0044】この場合、層流状態のまま、液体ごとに流路を分岐することにより、容易に、第2の液体を第1の液体から分離することができる。

【0045】好ましくは、上記第1分岐流路又は上記第2分岐流路のいずれか一方の入口近傍を帯電させる帯電部を備える。

【0046】上記構成によれば、第1の液体又は第2の液体の一方が極性を有し、他方が無極性である場合には、極性を有する一方の液体が、帯電した第1分岐流路又は第2分岐流路に入るように促進し、より効率良く、液体を分離することができる。例えば、石油エーテル、四塩化炭素、ベンゼン、キシレン、ニトロベンゼン、ヨウ素などの無極性分子と、極性を有する水とを分離できる。なお、3液以上の混合液であっても、1液のみが極性を有する場合、又は1液のみが無極性である場合には、その1液を他の液から分離することができる。

【0047】また、本発明は、上記第2の技術的課題を解決するために、以下の構成の分離装置を提供する。

【0048】分離装置は、混合された第1の液体と第2の液体とから、第2の液体を分離するタイプのものである。分離装置は、第1空間と、第2空間と、排出口とを備える。上記第1空間は、微小な構造物が配置され、いずれか一方の上記第1の液体又は上記第2の液体が相対的に流れやすい。上記第2空間は、上記第1空間に沿って延在し、かつ上記第1空間に連通する。上記排出口は、上記第2の液体が流れるいずれか一方の上記第1空間又は上記第2空間の下流側に接続され、上記第2の液体が流れる。

【0049】上記構成によれば、混合された第1および第2の液体を第1空間および第2空間に流すと、第1の液体と第2の液体とのうち、第1空間を相対的に流れやすい一方が第1空間を流れ、他方は第2空間を流れ、第1の液体と第2の液体とは互いに分離する。例えば、構造物に親水処理を施したり、適宜な官能基を配置することにより、第1の液体又は第2の液体のいずれか一方が第1空間を相対的に流れやすいようにすることができる。第2の液体は第1空間又は第2空間のいずれか一方を流れるので、排出口から第2の液体を回収することができる。

【0050】したがって、微小領域内にある混合状態の第1の液体と第2の液体とから第2の液体を分離することができる。

【0051】上記構成において、微小な構造物を適宜に構成することにより、第1の液体と第2の液体のいずれ

か一方が、分離流路の第1空間を相対的に流れやすくすることができる。例えば、微小な構造物は、多数の要素を含み、隣接する要素間の距離（隙間）が $10\mu\text{m}$ 以下のものである。微小な構造物は、例えば、四方八方に微小孔が開いた多孔質物質であっても、繊維塊のようなものであってもよい。

【0052】好ましくは、上記構造物は、上記第1空間側から上記第2空間側に向けて延在する柱状構造物である。

【0053】上記構成によれば、第1の液体と第2の液体のうち、第1空間を相対的に流れにくい流体は、微小な構造物の延在方向に沿って、第2空間に向けて容易に移動することができる。したがって、液体の分離効率を高めることができる。

【0054】より好ましくは、上記第1の液体と上記第2の液体のいずれか一方は、水を含む。上記構造物は、排水処理される。

【0055】上記構成によれば、水を含む第1又は第2の液体は、排水処理された微小な構造物にはじかれて、第2空間側に移動するので、液体の分離効率を高めることができる。なお、3液以上の混合液であっても、1液のみが水と親和性を有する場合、その1液を他の液から分離することができる。

【0056】また、本発明は、上記第1の技術的課題を解決するために、以下の構成の抽出装置用チップを提供する。

【0057】抽出装置に用いるチップは、第1の液体中に含まれる物質を第2の液体に溶かして抽出する抽出装置に用いるタイプのものである。チップは、流路を備える。該流路は、上記第1の液体と上記第2の液体とを、それぞれ1又は2以上の層流状態で交互に接するように送液して、上記第1の液体の第1の層流中の上記物質を、上記第2の液体の第2の層流中に移動させることができる。

【0058】上記構成において、第1の流体と第2の流体は、流路内に微小な幅で流すことにより、層流状態とすることができる。第1の層流や第2の層流が2以上の場合には、第1の層流と第2の層流とが交互に配置され互いに接するようにすることができる。

【0059】一般に、液体中の物質は、自発的に拡散する。すなわち、媒質（液体）の分子は、媒質中の小物体（物質の粒子）に頻りに衝突し、小物体は媒質中を不規則に運動する。このブラウン運動により、小物体は媒質中で拡散する。微小領域では、液体の比界面積が大きくなり（すなわち、体積に比べて表面積が広くなり）、拡散速度が急激に大きくなる。そのため、第1の層流中の物質の粒子は、短時間で第2の層流に移動する。つまり、第2の液体に溶ける。この場合、物質の粒子が第2の層流から再び第1の層流に戻りにくいことが好ましく、例えば、物質は、第1の液体よりも第2の液体に溶

けやすいことが好ましい。物質がダイオキシン類であるとき、第1の流体は水、第2の流体は有機溶媒とすることができる。また、効率よく拡散するためには、第1の層流と第2の層流との流速とが等しく、相対的な速度差が生じないようにすることが好ましい。

【0060】上記構成によれば、流路における層流の流れと粒子の拡散現象を用いることで、微小領域内において、第1の液体中に含まれる物質を、効率良く第2の液体中に取り込むことができる。

【0061】第2の液体だけを集めれば、第1の液体中に含まれていた物質を抽出することができる。

【0062】好ましくは、上記流路において、上記層流の一つの幅が $50\mu\text{m}$ 以下である。

【0063】幅が $50\mu\text{m}$ 以下であれば、レイノルズ数が小さくなり、流路内を層流状態で送液することが容易である。

【0064】好ましくは、第1分岐流路と第2分岐流路とを備える。上記第1分岐流路は、上記流路の下流側に接続され、上記第1の層流が流れる。上記第2分岐流路は、上記流路の下流側に接続され、上記2の層流が流れる。

【0065】上記構成によれば、層流状態のまま、液体ごとに流路を分岐することにより、容易に、第2の液体を第1の液体から分離することができる。

【0066】より好ましくは、上記第1分岐流路又は上記2分岐流路のいずれか一方の入口近傍に帯電させる帯電部を備える。

【0067】上記構成によれば、第1の液体又は第2の液体の一方が極性を有し、他方が無極性である場合には、極性を有する一方の液体が、帯電した第1分岐流路又は第2分岐流路に入るように促進し、より効率良く、液体を分離することができる。例えば、石油エーテル、四塩化炭素、ベンゼン、キシレン、ニトロベンゼン、ヨウ素などの無極性分子と、極性を有する水とを分離できる。なお、3液以上の混合液であっても、1液のみが極性を有する場合、又は1液のみが無極性である場合には、その1液を他の液から分離することができる。

【0068】また、本発明は、上記第2の技術的課題を解決するために、以下の構成の分離装置用チップを提供する。

【0069】分離装置用チップは、混合された第1の液体と第2の液体とから、第2の液体を分離する分離装置に用いるタイプのものである。チップは、第1空間と、第2空間と、排出口とを備える。上記第1空間は、微小な構造物が配置され、いずれか一方の上記第1の液体又は上記第2の液体が相対的に流れやすい。上記第2空間は、上記第1空間に沿って延在し、かつ上記第1空間に連通する。上記排出口は、上記第2の液体が流れるいずれか一方の上記第1空間又は上記第2空間の下流側に接続され、上記第2の液体が流れる。

【0070】上記構成によれば、混合された第1および第2の液体を流路に流すと、第1の液体と第2の液体とのうち、第1空間を相対的に流れやすい一方が第1空間を流れ、他方は第2空間を流れるようになる。例えば、構造物に親水処理を施したり、適宜な官能基を配置することにより、第1の液体又は第2の液体のいずれか一方が第1空間を相対的に流れやすいようにすることができる。第1の液体と第2の液体とは互いに分離し、第2の液体は第1空間又は第2空間のいずれか一方を流れるので、下流において、第2の液体を回収することができる。

【0071】したがって、微小領域内にある混合状態の第1の液体と第2の液体とから第2の液体を分離することができる。

【0072】微小な構造物を適宜に構成すれば、第1の液体と第2の液体のいずれか一方が相対的に第1空間を流れやすくすることができる。例えば、微小な構造物は、多数の要素を含み、隣接する要素間の距離（隙間）が $10\mu\text{m}$ 以下のものである。微小な構造物は、例えば、四方八方に微小孔が開いた多孔質物質であっても、繊維塊のようなものであってもよい。

【0073】好ましくは、上記構造物は、上記第1空間側から上記第2空間側に向けて延在する柱状構造物である。

【0074】上記構成によれば、第1の液体と第2の液体のうち、第1空間を相対的に流れにくい流体は、微小な構造物の延在方向に沿って、第2空間に向けて容易に移動することができる。したがって、液体の分離効率を高めることができる。

【0075】より好ましくは、上記第1の液体と上記第2の液体のいずれか一方は、水を含む。上記構造物は、排水処理される。

【0076】上記構成によれば、水を含む第1又は第2の液体は、排水処理された微小な構造物にはじかれて、第2空間側に移動するので、液体の分離効率を高めることができる。なお、3液以上の混合液であっても、1液のみが水と親和性を有する場合、その1液を他の液から分離することができる。

【0077】

【発明の実施の形態】以下、本発明の各実施形態について、図1～図10に基づいて説明する。

【0078】まず、本発明の第1実施形態について、図1～図6、図10に基づいて説明する。

【0079】図1は、微小領域での水と溶媒の流れを模式的に示す。仕切りのない一つの中央流路10の両端には、仕切り壁12、14で複数の流路13a～13g、15a～15gに分割された分割流路10a、10bが対向して形成されている。一方の分割流路10aには溶媒と水が交互に流れる。例えば、流路13a、13c、13e、13gには溶媒が流れ、流路13b、13d、

13fには水が流れる。各流路13a～13gの幅は例えば $20\mu\text{m}$ であり、このような微小領域ではレイノルズ数が小さくなるので、分割流路10aから流出した水と溶媒は、中央流路10においてそれぞれ層流11a、11bとなり、隣接しても混ざり合わずに流れ、水と溶媒の間には界面11cが形成される。各層流11a、11bは、それぞれ他方の分割流路10bの各流路15a～15gに流れ込む。すなわち、流路15a、15c、15e、15gには溶媒が流入し、流路15b、15d、15fには水が流れ込む。

【0080】図2は、液体中のダイオキシン類などの粒子16a、16bの動きを模式的に示す。分割流路10aにおいて、粒子16aは、流路13b、13d、13fを流れる水中にのみ含まれ、流路13a、13c、13e、13gを流れる溶媒中には含まれていない。中央流路10に流出した直後には、粒子16aは水層11aに含まれている。粒子16aは、液体中でブラウン運動により自発的に拡散する。このとき、矢印17で示すように、界面10cを越え、水層10aから溶媒層10bに移動した粒子16bは、溶解度の違いなどにより、水層10a側に戻ることは殆どない。微小領域では、液体の比界面積が大きくなり、拡散速度が急激に大きくなるので、水層11a中の粒子16aは、短時間で溶媒層11bに移動する。したがって、分割流路11bを利用して溶媒層11bだけを集めれば、粒子16bを取り出すことができる。

【0081】図3は、流路幅（チャンネル幅）と比界面積 S/V 、拡散速度 t のグラフの一例である。流路幅が $50\mu\text{m}$ より小さくなると急激に拡散時間 S が小さくなり、拡散速度が速くなる。したがって、流路幅を $50\mu\text{m}$ 以下、好ましくは $20\mu\text{m}$ 以下にすると、混合・抽出時間を大幅に短縮することができる。例えば、試薬を速やかに（1秒以内）で混ぜることが求められる血液凝固検査でも使うことができる。

【0082】図4～図6は、本発明をダイオキシン測定の前処理用アセンブリ50に適用した実施例を示す。

【0083】図4に示すように、濃縮されたダイオキシン溶液と有機溶媒を層状に流すために、立体的に交差する流路20、30を形成する。

【0084】上部に配置された流路20には、矢印28で示す方向に、有機溶媒が流れる。流路20は、一つの主流路21が下流側で3つの支流路22に分かれ、各支流路22の端部23側の底面から下向きに筒状の下向流路24が形成されている。

【0085】下部に配置された流路30の上流側流路31には、矢印38で示す方向に、濃縮されたダイオキシン溶液が流れる。流路30の途中には、分割流路32が形成され、交互に形成された流路34、35を、有機溶媒とダイオキシン溶液とが交互に流れるようになっている。すなわち、間隔を設けて複数対の仕切壁33aが配

置されている。各対の仕切壁33aは、流路方向に延在し、厚さが数 μm 程度である。各対の仕切壁33aは、上流側が接続壁33bにより結合されている。対になった仕切壁33aの間の流路34には、下向流路24から有機溶媒が流れ、仕切壁33aの隣接する対の間の流路35には、上流側流路31から濃縮されたダイオキシン溶液が流れるようになっている。

【0086】分割流路32の下流側には、一つの層流混合流路36が形成され、ダイオキシン溶液と有機溶媒とが層流状態で流れ、ダイオキシンが有機溶媒層に溶け込むようになっている。層流混合流路36の幅は約200 μm 、高さ(図において上下方向)は約100 μm である。

【0087】層流混合流路36の下流側には、分割流路32とは逆向きに分割流路40が形成され、交互に形成された流路44、45を、水と有機溶媒とが交互に流れるようになっている。

【0088】すなわち、間隔を設けて複数対の仕切壁41aが配置されている。各対の仕切壁41aは、流路方向に延在し、下流側が接続壁41bにより結合されている。対になった仕切壁41aの間の流路44には、ダイオキシンを含む有機溶媒が流れ込み、仕切壁41aの隣接する対の間の流路45には、ダイオキシンが除去された水が流れるようになっている。

【0089】対になった仕切壁41aの下流側には排出流路42が形成され、矢印43で示すように、ダイオキシンを含む有機溶媒が下方に吸引され、次工程で処理される。

【0090】一方、ダイオキシンが除去された水は、分割流路40を通過後、流路46を流れ、矢印48で示すように、流路の端部47から上方に吸引される。

【0091】流路20、30は、図5に示した複数のチップ51～60を積層することにより、前処理アセンブリ50内に形成される。

【0092】各チップ51～60は、例えば、シリコンやガラスなどをICP(高周波誘導結合型プラズマ、Inductively Coupled Plasma)などによりドライエッチングすることにより、高精度に作成することができる。シリコン同士の接合は直接接合、シリコンとガラスの接合は陽極接合を用いるが、エボキシ系の接着剤で接着してもよい。また、シリコンやニッケル電鍍によりチップの型を作り、PMMA(ポリメタクリル酸メチル)やPDMS(ポリジメチルシロキサン)などの樹脂をモールドすることにより、安価に多数のチップを作成することも可能である。この場合、有機溶媒と反応しないように樹脂をコーティングする必要がある。また、シリコン、ガラスのエッチングは、ドライエッチングだけでなく、ウェットエッチングを用いてもよい。

【0093】第1層のチップ51には、ダイオキシン類

を含んだ排ガス試料を供給するための入口51aと、水を供給するための入口51bと、有機溶媒を供給するための入口51cおよびその流路20と、貫通孔51fと、不要になった水が排出される排出口51dと、精製されたダイオキシンが排出される排出口51eとが形成されている。

【0094】第2層のチップ52には、入口51a、51bから供給された排ガス試料および水が流れ合流する流路52s、52tが形成され、ダイオキシンを採集・濃縮するための多孔質ガラス52fが配置され、採集・濃縮されたダイオキシン溶液が流れる流路30とが形成されている。

【0095】第3層～第10層のチップ53～60には、ダイオキシンを多層シリカクロマトグラフにより精製するため、日本工業規格(JIS)に準拠し、適宜な試薬が配置される。すなわち、第3層53には硫酸ナトリウム53gが、第4層54には10重量%の硝酸銀54gが、第5層55にはシリカゲル55gが、第6層56には22重量%の硫酸シリカゲル56gが、第7層57には44重量%の硫酸シリカゲル57gが、第8層58にはシリカゲル58gが、第9層59には2重量%の水酸化カリウムシリカゲル59gが、第10層60にはシリカゲル60gが、それぞれ収納されている。

【0096】図6および図10に示すように、円筒ろ紙通過後の排ガス試料と水は、前処理アセンブリ50の入口51a、51bに供給され、流路52s、52tを通過して混合される(＃1)。なお、水の代わりに溶媒を用いるソックスレー抽出により、円筒ろ紙を砕き、ダイオキシンを集めるようにしてもよい(＃8)。

【0097】ダイオキシンと水の混合液は、多孔質ガラス52fを通り、ダイオキシンが採集・濃縮される(＃2)。すなわち、多孔質ガラス52fからは、水蒸気、二酸化炭素、二酸化窒素が、チップ51の貫通孔51fを通過して排出される。

【0098】濃縮されたダイオキシン類を含んだ水は、流路30を流れる。有機溶媒は、入口51cから供給され、流路20を流れる。有機溶媒は、ヘキサン、トルエン、アセトン、ジクロロメタン、HCLを適宜割合で含む。ダイオキシン類を含んだ水と有機溶媒は、分割流路32を経て層流混合部36で出会い、前述したように、ダイオキシン類が有機溶媒内に取り込まれ(図10の＃3)、分割流路40で水と有機溶媒に分離される(図10の＃4)。

【0099】不要となった水は、上部の排出口51dから排出される。

【0100】有機溶媒は、下部に流れ、試薬53g～60gが収納されたチップ53～60を順に通ることで、多少混入した水を除去するなどして、ダイオキシンが精製される(図10の＃5)。精製されたダイオキシンは、上部の出口51eから排出され、GC/MS(ガス

クロマトグラフィ／質量分析器)にかけて測定される。

【0101】次に、本発明の第2実施形態について、図7、図8、図10を参照しながら説明する。

【0102】第2実施形態では、図10において符号90で示したように層流を用いて混合した後分離する(＃3および＃4)代わりに、符号92で示したように乱流を起こして混合した後分離する(＃6および＃7)。

【0103】本発明を適用した前処理アセンブリ70は、図5に示したチップ51および52の代わりに、図7に示したチップ71、72、73を用いる。チップ71、72、73は、チップ51および52と同様の方法で加工することができる。

【0104】第1層のチップ71には、第1実施形態のチップ51と同様に、排ガス試料を供給するための入口71aと、水を供給するための入口71bと、有機溶媒を供給するための入口71cと、貫通孔71fと、不要になった水が排出される排出口71dとが形成されている。

【0105】第3層のチップ73には、第1実施形態のチップ52と同様に、排ガス試料および水が流れ合流する流路73s、73tが形成せられ、ダイオキシンを採集・濃縮するための多孔質ガラス73fが設けられている。

【0106】第1実施形態と異なり、第1～3層のチップ71～73の間には、ダイオキシן類を含んだ水と有機溶媒とを、乱流を利用して混合するための混合空間74が形成されている。また、第1層のチップ71の上面には、混合空間74に対向する領域にPZT層71eが形成されている。PZT層71eは、例えば4つの部分に分割されており、各部分に適宜な順序で適宜波形の電圧を印加することにより超音波を発生し、混合空間74内で渦を発生させ、ダイオキシן類を含んだ水と有機溶媒とを攪拌・混合することができるようになっている。

【0107】混合された水と有機溶媒は、混合空間74から、第3層のチップ73に形成された流路75を通して、水と有機溶媒とに分離される。

【0108】図8に示すように、流路75の下部(すなわち、第1空間)には、マイクロストラクチャー76が形成されている。マイクロストラクチャー76は、直径数 μm ～数十 μm の円柱であり、流路75の底部75aから流路75の高さ方向に途中まで延在し、流路75の上部(すなわち、第2空間)には、何も障害物がない。マイクロストラクチャー76は円柱でなくてもよく、例えば角柱でも円錐でもよい。マイクロストラクチャー76間の距離(隙間)は、例えば10 μm 以下とする。

【0109】マイクロストラクチャー76は、その表面が撈水処理されている。ICP装置を用いてマイクロストラクチャー76を形成する場合には、加工プロセスに C_4F_8 ガスを用いるので、特別な追加処理なしに、撈水処理される。フッ素系高分子を共析メッキ等で付ける

ことにより、撈水処理してもよい。

【0110】マイクロストラクチャー76内に入った混合液の水は、マイクロストラクチャー76の撈水処理により流路75の上部に移動する。一方、有機溶媒は、そのまま流路75の下部を流れる。また、比重の違いも手伝い、水と有機溶媒は、流路75の上部と下部とに分離する。比重の違いに応じて、マイクロストラクチャー76を、流路75の上部に形成してもよい。

【0111】そして、その後不要な水分は、流路75の下流側端部75bから、矢印77で示すように上部へ吸引される。一方、有機溶媒は、下流側端部75bの底面に形成された排出口75cから、矢印78で示すように下部へ吸引され、図示しない精製処理部(例えば、チップ53～60と同様に構成される)へと流れていく。

【0112】以上説明したように、微量領域内における層流の流れと粒子の拡散現象を用いることで、微量なサンプル量で効率良く抽出することができる。また、微小領域内にある混合状態の第1の液体と第2の液体とから第2の液体を分離することができる。

【0113】したがって、大きさ数センチ角のマイクロチップ内で処理ができるため、携帯性に優れ、どこでもすぐに処理ができ、検査の即時性が向上する。また、反応時間が速く、処理時間の短縮により、コストの大幅な削減が図れる。さらに、抽出に使用する有機溶媒の量が従来の方法に比べ大幅に少ないため、環境にもやさしい。チップは半導体プロセスを利用するなどして大量生産できるので、単価が非常にやすい。チップ単価がやすいため、使い捨てにできる。使い捨てにすれば、複数回使用する場合に起こる廃液による汚染の問題や、洗浄の手間がない。

【0114】なお、本発明は上記実施形態に限定されるものではなく、その他種々の態様で実施可能である。

【0115】例えば図9に示すように、分割流路10bの仕切壁80を正、負に帯電させることで、水と有機溶媒とを分離するようにしてもよい。仕切壁80は、その本体部82を絶縁物で形成し、各本体部82の流路15a～15gに対向する側面に電極83a、83bを設け、最外層84を絶縁物で覆う。例えば、電極83a、83bの表面に絶縁膜として SiO_2 などを成膜しておく。電極83a、83bは、電源85と接続して、正又は負に帯電させる。このとき、図示したように、流路15a～15gを介して対向する電極83a、83b同士が同電位となり、流路15a～15gが交互に正、負に帯電するようにする。

【0116】水は極性分子であり、正に帯電しているの、正に帯電した領域には入らない。電荷の影響を受けやすくするために、流路15a～15gのそれぞれ幅の幅は、50 μm 以下がよい。好ましくは、10 μm 以下がよい。

【0117】また、本発明は、ダイオキシンの測定の前

処理に限らず、広く適用可能である。本発明を適用すれば、例えば水に溶解又は浮遊している有機物を抽出する場合に、微量の試料溶液および抽出溶媒を混合したり、有機物を含む抽出溶媒を選択的に抽出することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 微小領域の流れを示す模式図である。

【図2】 微小領域での粒子の移動を示す模式図である。

【図3】 流路幅と比界面積および拡散速度との関係を示す図である。

【図4】 本発明の第1実施形態に係る前処理アセンブリの要部透視図である。

【図5】 前処理アセンブリの分解斜視図である。

【図6】 前処理アセンブリの上面図である。

【図7】 本発明の第2実施形態に係る前処理アセンブリの要部分解斜視図である。

【図8】 前処理アセンブリの要部拡大斜視図である。

【図9】 変形例の分割流路の構成図である。

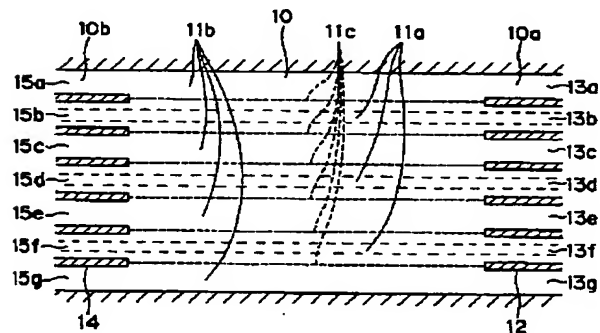
【図10】 ダイオキシン測定における前処理工程の流

れ図である。

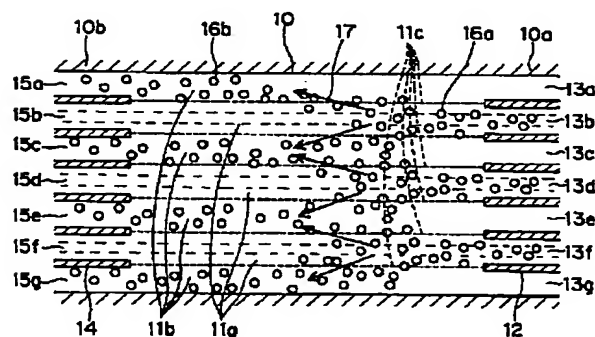
【符号の説明】

- 10b 分割流路（分離部）
- 11a 層流（第1の層流）
- 11b 層流（第2の層流）
- 15a, 15c, 15e, 15g 流路（第2分岐流路）
- 15b, 15d, 15f 流路（第1分岐流路）
- 36 層流混合流路（小さな流路）
- 40 分割流路（分離部）
- 44 流路（第2分岐流路）
- 45 流路（第1分岐流路）
- 50 前処理アセンブリ（抽出装置）
- 52 チップ（抽出装置用チップ）
- 70 前処理アセンブリ（分離装置）
- 73 チップ（分離装置用チップ）
- 75 流路
- 75c 排出口
- 76 マイクロストラクチャー（微小な構造物）
- 83a, 83b 電極（帯電部）

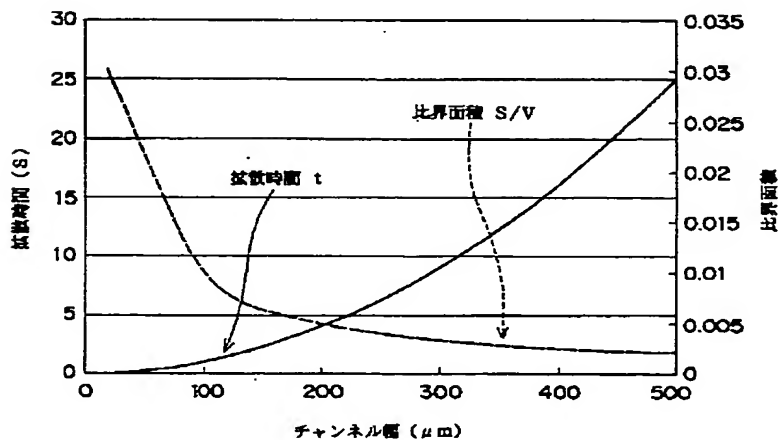
【図1】



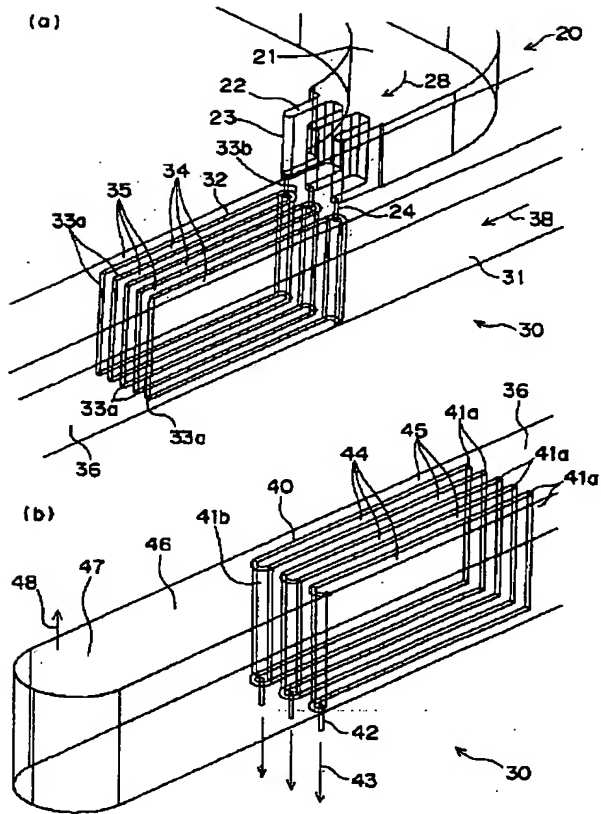
【図2】



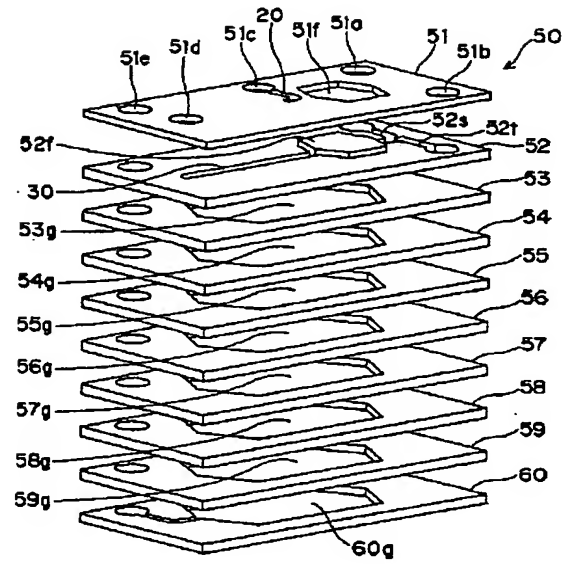
【図3】



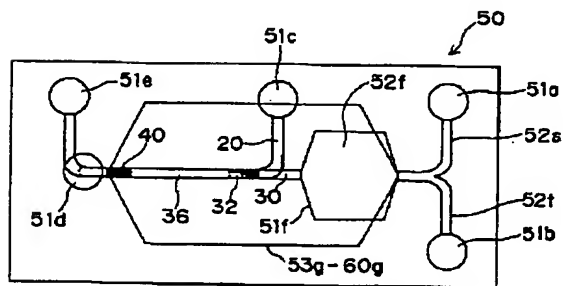
【図4】



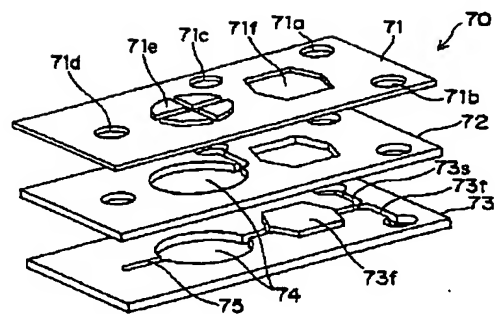
【図5】



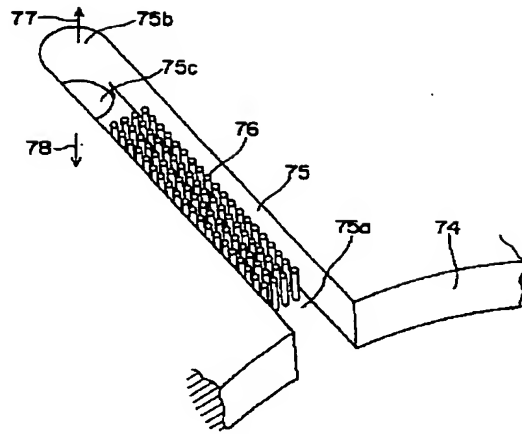
【図6】



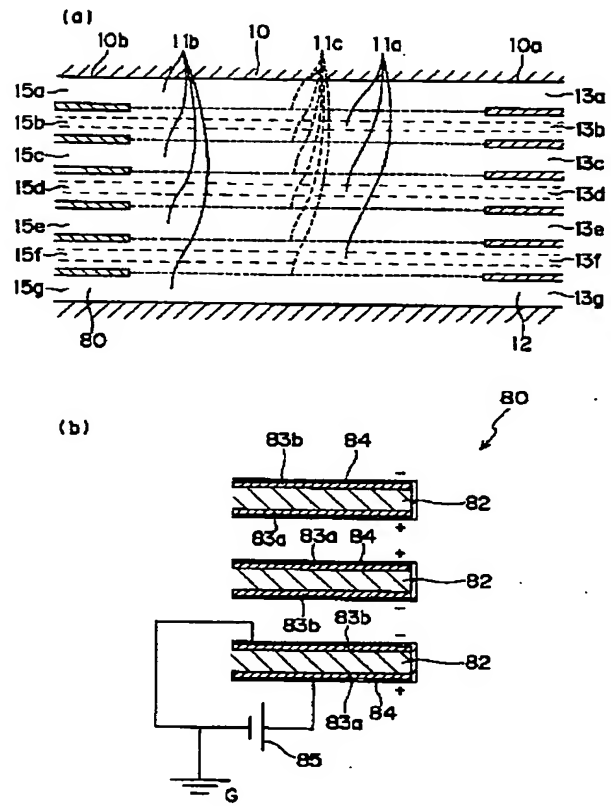
【図7】



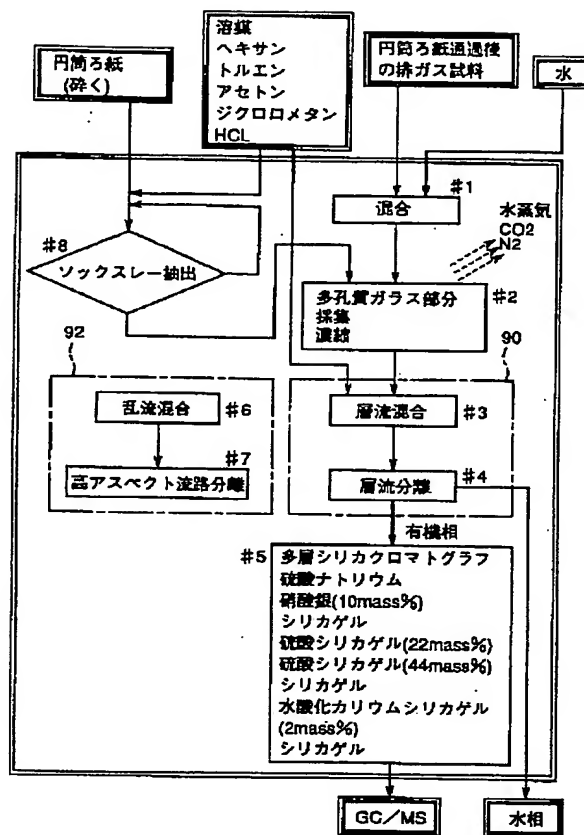
【図8】



【図9】



【図10】



フロントページの続き

(72)発明者 速水 俊一
 大阪府大阪市中央区安土町二丁目3番13号
 大阪国際ビル ミノルタ株式会社内
 (72)発明者 山元 廣治
 大阪府大阪市中央区安土町二丁目3番13号
 大阪国際ビル ミノルタ株式会社内

Fターム(参考) 2G042 AA01 BD20 CB03 EA03 HA10
 2G052 AB00 AD06 AD26 AD46 ED00
 ED11 FD09
 4D056 AB18 AC03 AC04 AC07 AC21
 BA12 CA07 CA23 CA34 CA36
 CA37 CA39 CA40

This Page Blank (uspto)